



⑯ Aktenzeichen: P 37 05 603.4-14  
⑯ Anmeldetag: 21. 2. 87  
⑯ Offenlegungstag: —  
⑯ Veröffentlichungstag der Patenterteilung: 14. 1. 88



Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑯ Patentinhaber:  
Krupp Stahl AG, 4630 Bochum, DE

⑯ Vertreter:  
Cohausz, W., Dipl.-Ing.; Knauf, R., Dipl.-Ing.;  
Cohausz, H., Dipl.-Ing.; Werner, D., Dipl.-Ing.;  
Redies, B., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 4000  
Düsseldorf

⑯ Erfinder:  
Raquet, Erwin, Dr.rer.nat., 5810 Witten, DE; Schmidt, Uwe, Dipl.-Ing., 4630 Bochum, DE; Quinkert, Alfred, Dipl.-Ing., 4354 Datteln, DE

⑯ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:  
NICHTS ERMITTELT

⑯ Verfahren zum Entzündern von metallischen Walzprodukten

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Entzündern von metallischen Walzprodukten, insbesondere zum Entzündern von Metallband, wobei die oberflächliche Zunderschicht der Walzprodukte durch kurzzeitiges schockartiges Erwärmen im Vakuum mittels Elektronenstrahlbeschuß, der auf die Dicke der Zunderschicht abgestimmt ist, zum Abplatzen und Verdampfen gebracht und anschließend der abgeplatzte Zunder mechanisch entfernt wird.

Die Erfindung betrifft ferner eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens, die einen Abwickelhaspel (1) und einen Aufwickelhaspel (2) zum Umwickeln des Metallbandes (3), eine zwischen den Haspeln (1, 2) angeordnete Einrichtung (4) zum Elektronenstrahlbeschuß der Oberflächen des Metallbandes (3), eine die Einrichtung (4) zum Elektronenstrahlbeschuß und den zu beschießenden Bandabschnitt des Stahlbandes (3) umfassende Vakuumkammer (5) und eine zwischen der Einrichtung (4) zum Elektronenstrahlbeschuß und dem Aufwickelhaspel (2) angeordnete Einrichtung (6) zum Entfernen von Zunder umfaßt.

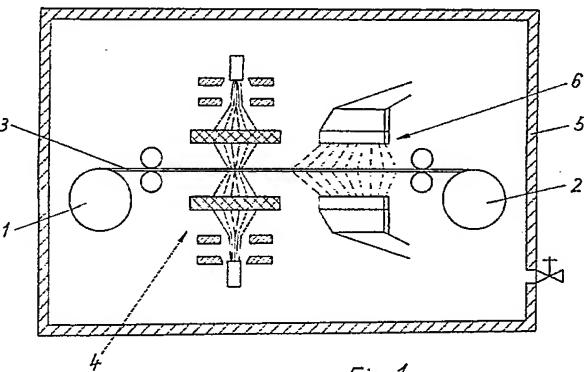


Fig. 1

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Entzündern von metallischen Walzprodukten, insbesondere zum Entzündern von Metallband, **dadurch gekennzeichnet**, daß die oberflächliche Zunderschicht der Walzprodukte durch kurzzeitiges schockartiges Erwärmen im Vakuum mittels Elektronenstrahlbeschuß, der auf die Dicke der Zunderschicht abgestimmt ist, zum Abplatzen und teilweise zum Verdampfen gebracht und abgeplatzter Zunder mechanisch entfernt wird. 5

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der durch den Elektronenstrahlbeschuß elektrostatisch aufgeladene abgeplatzte Zunder und der ionisierte Dampf im Vakuum durch ein elektrostatisches Transportfeld von der Oberfläche der Walzprodukte entfernt werden. 15

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke der Zunderschicht und deren örtliche Verteilung vor dem Elektronenstrahlbeschuß gemessen und danach in Abhängigkeit vom so gemessenen Verzunderungsgrad die Geschwindigkeit und Intensität der Elektronen des Elektronenstrahles gesteuert werden. 20

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Messung des Verzunderungsgrades über Laserscanner erfolgt, wobei Laserstrahlen über die Oberfläche des Walzproduktes geführt und fortlaufend das Verhältnis von einfallender zu reflektierter Lichtintensität als Maß des Verzunderungsgrades festgestellt wird. 25

5. Verfahren zum Entzünden von warmgewalztem Stahlband nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das zu einem Coil aufgewickelte, erkaltete Stahlband

- vom Coil abgewickelt,
- im Durchlauf dem Elektronenstrahlbeschuß ausgesetzt,
- der anfallende Zunder kontinuierlich entfernt,
- und anschließend das Stahlband wieder aufgewickelt wird. 40

6. Vorrichtung zum Entzünden von Metallband insbesondere von Stahlband, gekennzeichnet durch

- einen Abwickelhaspel (1) und einen Aufwickelhaspel (2) zum Umwickeln des Metallbandes (3),
- eine zwischen den Haspeln (1, 2) angeordnete Einrichtung (4) zum Elektronenstrahlbeschuß der Oberflächen des Metallbandes (3),
- eine die Einrichtung (4) zum Elektronenstrahlbeschuß und den zu beschließenden Bandabschnitt des Stahlbandes (3) umfassende Vakuumkammer (5)
- und eine zwischen der Einrichtung (4) zum Elektronenstrahlbeschuß und dem Aufwickelhaspel (2) angeordnete Einrichtung (6) zum Entfernen von Zunder. 55

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Abwickelhaspel (1) und der Einrichtung (4) zum Elektronenstrahlbeschuß ein Laserscanner (7) angeordnet ist. 60

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der Einrichtung (6) zum

Entfernen von Zunder und dem Aufwickelhaspel (2) ein weiterer Laserscanner (8) angeordnet ist. 65

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Abwickelhaspel (1) und der Aufwickelhaspel (2) von der Vakuumkammer (5) umschlossen sind.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8 dadurch gekennzeichnet, daß der Abwickelhaspel (1) und der Aufwickelhaspel (2) außerhalb der Vakuumkammer (5) liegen und daß die Vakuumkammer (5) eine Schleuse (10 a) für das einlaufende Band (3) und eine Schleuse (10 b) für das auslaufende Band (3) aufweist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 10, gekennzeichnet durch eine in der Vakuumkammer (5) aufwickelhaspelseitig angeordnete Einrichtung (6) zum Erzeugen eines elektrostatischen Feldes, die mit einer Transportvorrichtung (9) zum Entfernen des Zunders aus dem Bereich des durchlaufenden Stahlbandes (3) gekoppelt ist.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Haspel (1, 2) übereinander angeordnet sind.

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Entzünden von metallischen Walzprodukten, insbesondere zum Entzünden von Metallband.

Die Erfindung beinhaltet ferner eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

Beim Warmwalzen von Metallband — insbesondere von Stahlband — entsteht auf der Bandoberfläche eine dünne Zunderschicht von einigen  $\mu\text{m}$  Dicke. Bei Stahl besteht diese Zunderschicht aus den Reaktionsprodukten des Eisens und der stahlbegleitenden Elementen durch Reaktion des heißen Walzgutes mit Luft und dem Kühlwasser, das z.B. zum Kühlen der Walzen oder zur Abkühlung des Bandes nach Ende des Walzvorganges eingesetzt wird. Der Zunder bei Stahlbändern besteht also im wesentlichen aus den Metalloxyden des Eisens und der Stahlbegleiter.

Bevor das warmgewalzte Band durch Kaltwalzen auf dünnere Dimensionen (Kaltband) verarbeitet wird, ist eine Entzunderung erforderlich, um die erforderliche Oberflächengüte des Kaltbandes zu erzielen. Üblich ist eine Entzunderung auf chemischer Basis, die in sogenannten Beizbädern durchgeführt wird. Hierbei durchläuft das Band Säuren, wie Salzsäure, Salpetersäure, Schwefelsäure, Flüssäure usw., die imstande sind, die Metalloxyde in Lösung zu bringen. Bei der großtechnischen Anwendung der Beizen fällt dabei in großen Mengen der sogenannte Beizschlamm an, dessen Entsorgung hohe Aufwendungen erfordert.

Ausgehend von diesem Stand der Technik hat sich die vorliegende Erfindung die Aufgabe gestellt, ein Verfahren zu entwickeln, mit dem der auf der Bandoberfläche des warmgewalzten Bandes haftende Zunder vor Einlauf des Bandes in die Beizanlagen weitgehend entfernt werden kann, sodaß beim chemischen Nachbeizen der Anfall des Beizschlamms auf ein Minimum reduziert wird.

Es ist ferner Aufgabe der Erfindung, ein zur Durchführung des erfindungsgemäßen Entzunderungsverfahrens geeignete Vorrichtung zu schaffen.

Gelöst wird die das Verfahren betreffende Aufgabe dadurch, daß die oberflächliche Zunderschicht der Walzprodukte durch kurzzeitiges schockartiges Erwär-

men im Vakuum mittels Elektronenstrahlbeschuß der auf die Dicke der Zunderschicht abgestimmt ist, zum Abplatzen und teilweise zum Verdampfen gebracht und anschließend abgeplatzter Zunder mechanisch entfernt wird.

Durch den Elektronenstrahlbeschuß erfolgt eine kurzzeitige Aufheizung der Zunderschicht auf dem Metallband. Die erwärmte Zunderschicht dehnt sich thermisch aus, während das Band selbst kalt bleibt. Dadurch entstehen hohe thermische Spannungen zwischen der Zunderschicht und dem Trägermaterial, die zum Abplatzen der äußerst spröden Oxydschichten führen.

Neben dem thermisch-mechanischen Lösen der Zunderschicht erfolgt bei dem Elektronenstrahlbeschuß auch eine Verdampfung der Metalloxyde, die einen Beitrag zur Entzunderung des Bandes liefert.

Da durch den Beschuß mit Elektronen die Zunderpartikel elektrisch geladen und der Metalloxyd-Dampf ionisiert ist, können in vorteilhafter Weise der durch den Elektronenstrahlbeschuß elektrostatisch aufgeladene abgeplatze Zunder und der ionisierte Metalloxyd-Dampf im Vakuum durch ein elektrostatisches Transportfeld von der Oberfläche des Metallbandes entfernt werden.

In den Fällen, wo örtlich durch den Elektronenbeschuß die Zunderschicht sich vom Trägermaterial nicht vollständig ablöst, sondern nur aufbricht, kann durch das zwischen dem Band und den Elektroden angelegte elektrostatische Feld auch ein Abreißen der Zunderpartikel von der Oberfläche der Walzprodukte erfolgen.

Die Dicke der auf den Walzprodukten (Metallband) haftenden Zunderschicht wird vor dem Elektronenstrahlbeschuß gemessen und danach in Abhängigkeit vom so gemessenen Verzunderungsgrad die Geschwindigkeit und Intensität der Elektronen des Elektronenstrahles gesteuert.

Die Messung des Verzunderungsgrades erfolgt vorzugsweise über Laserscanner. Dabei werden Laserstrahlen über die Oberfläche des Walzproduktes geführt und fortlaufend das Verhältnis von einfallender zu reflektierter Lichtintensität als Maß des Verzunderungsgrades festgestellt.

Diese Meßmethode ist eine empfindliche Nachweismöglichkeit der Verzunderung, da der Grad der Verzunderung einhergeht mit einer signifikanten Abnahme des Licht-Reflektionsvermögens der Metalle.

Eine Variante des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht zum Entzundern von warmgewalzten Stahlband vor, das zu einem Coil aufgewickelt und im Coil erkalte Stahlband vom Coil abzuwickeln, dann im Durchlauf dem Elektronenstrahlbeschuß aussetzen, den anfallenden Zunder kontinuierlich zu entfernen und anschließend das Stahlband wieder aufzuwickeln.

Zur Durchführung des Verfahrens zum Entzundern von warmgewalztem Stahlband sieht die Erfindung eine Vorrichtung der in den Unteransprüchen 6 bis 12 gekennzeichneten Art vor.

Diese Vorrichtung besteht im wesentlichen aus einem Abwickelhaspel und einem Aufwickelhaspel zum Umwickeln des Metallbandes, einer zwischen den Haspeln angeordneten Einrichtung zum Elektronenstrahlbeschuß der Oberflächen des Metallbandes, einer die Einrichtung zum Elektronenstrahlbeschuß und den zu beschließenden Bandabschnitt des Stahlbandes umfassenden Vakuumkammer und einer zwischen der Einrichtung zum Elektronenstrahlbeschuß und dem Aufwickelhaspel angeordneten Einrichtung zum Entfernen von Zunder.

Die Einrichtung zum Entfernen von Zunder besteht in vorteilhafter Weise aus einer in der Vakuumkammer aufwickelhaspelseitig angeordneten Einrichtung zum Erzeugen eines elektrostatischen Feldes zum Absaugen des durch den Elektronenstrahlbeschuß elektrostatisch aufgelandeten Zunders und des ionisierten Metalloxyd-Dampfes, die mit einer weiteren Transportvorrichtung zum Entfernen des Zunders aus dem Bereich des durchlaufenden Stahlbandes gekoppelt ist.

Der Abwickelhaspel und der Aufwickelhaspel können zusammen mit der Einrichtung zum Elektronenstrahlbeschuß und der Einrichtung zum Erzeugen eines elektrostatischen Feldes von der Vakuumkammer umschlossen sein.

Der Abwickelhaspel und der Aufwickelhaspel können aber auch außerhalb der Vakuumkammer liegen. Bei dieser Anordnung weist die Vakuumkammer eine Einfallschleuse für das einlaufende Band und eine Auslaufschleuse für das auslaufende Band aus.

In einer Ausgestaltung der Vorrichtung ist vorgesehen, den Abwickelhaspel und den Aufwickelhaspel übereinander anzuordnen. Die Vakuumkammer befindet sich dann zwischen den beiden Haspeln. Diese Anordnung bietet den Vorteil, daß das Stahlband in senkrechter Richtung vom Abwickelhaspel zum Aufwickelhaspel geführt wird, sodaß der durch den Elektronenstrahlbeschuß von der Bandoberfläche abgelöste Zunder senkrecht in eine Transportvorrichtung fallen kann, über die er aus der Vakuumkammer entfernt wird.

Nachfolgend werden die relevanten Vorrichtungsmerkmale anhand von Figuren näher erläutert.

Fig. 1 zeigt schematisch eine Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Entzunderung von Metallband, insbesondere von Stahlband.

Das zu entzundernde Band liegt zunächst in Form eines Coils vor. Das Coil wird von dem Abwickelhaspel 1 auf den Umwickelhaspel 2 umgewickelt. Zwischen den beiden Haspeln erfolgt kontinuierlich der Beschuß der verzunderten Oberfläche des Bandes 3 mit Elektronenstrahlen über die insgesamt mit 4 bezeichnete Einrichtung zum Elektronenstrahlbeschuß. Die Ablenkung des Elektronenstrahls über die Bandbreite erfolgt über ein elektronisch ansteuerbares Linsensystem als Teil der Elektronenkanone oder der Elektronenkanonen, die Bestandteil der Einrichtung zum Elektronenstrahlbeschuß sind. Die Scannfrequenz des Elektronenstrahls, seine Ausdehnung in Bandlaufrichtung und die Umwickelgeschwindigkeit des Bandes 3 werden so gewählt, daß eine überlappende Bestrahlung der gesamten Bandober bzw. -unterseite erfolgt. Die kinetische Energie der Elektronen wird so gewählt, daß praktisch nur eine Erwärmung der Zunderschicht erfolgt, nicht jedoch des Trägermaterials. Bei einer Zunderschichtdicke von einigen  $\mu$  liegt die kinetische Energie der Elektronen im Bereich von 20–60 keV.

Direkt im Anschluß an die Elektronenbestrahlung der Bandoberfläche erfolgt die elektrostatische Absaugung der Zunderpartikel über eine insgesamt mit 6 bezeichnete Einrichtung zum Erzeugen eines elektrostatischen Feldes. Hierzu werden – im einzelnen nicht dargestellt – die Bandbreite überspannende Metallplatten über der Bandober- bzw. unter der Bandunterseite angebracht, die elektrisch positiv gegenüber dem Band aufgeladen sind.

Die gesamte Anlage ist in einer Vakuumkammer 5 installiert. Das benötigte Vakuum im Bereich der Bandoberfläche liegt bei etwa  $10^{-1}$  Torr und kann ohne Probleme auch für große Vakuumkammern technisch her-

gestellt werden.

Das Vakuum innerhalb der Elektronenkanonen kann durch entsprechende Auslegung der getrennten Vakuumpumpen für die Kanonen und des Durchmessers der Austrittsblendens des Elektronenstrahls aus den Kanonen einige Zehnerpotenzen unter dem Grobvakuum der Vakuumkammer 5 liegen.

Fig. 2 zeigt eine Anlage zum kontinuierlichen Entzünden von Metallband, bei der der Aufwickelhaspel 1 und der Abwickelhaspel 2 außerhalb der Vakuumkammer 5 liegen, die nur die Einrichtung 4 zum Elektronenstrahlbeschuß und die Einrichtung 6 zum Erzeugen eines elektrostatischen Feldes umschließt.

Der Abwickelhaspel 1 und der Aufwickelhaspel 2 sind übereinander angeordnet. Dem Abwickelhaspel 1 ist die 15 Arbeitsbühne 11 und dem Aufwickelhaspel 2 die Arbeitsfläche 12 zugeordnet. Das Band 3 wird über eine Vakuumschleuse 10a in die Vakuumkammer 5 eingeführt und verläßt die Vakuumkammer 5 über eine Vakuumumschleuse 10b in Richtung zum Aufwickelhaspel 2. 20

Fig. 3 zeigt — ohne Darstellung der Vakuumkammer — schematisch eine Entzunderungsanlage, bei der zur Messung des Verzunderungsgrades des einlaufenden Bandes 3 zwischen dem Abwickelhaspel 1 und der Einrichtung 4 zum Elektronenstrahlbeschuß ein Laserscanner 25 7, und zum Messen des Grades der Entzunderung beim Auslauf des Bandes zwischen der Einrichtung 6 zum Entfernen von Zunder und dem Aufwickelhaspel 2 ein weiterer Laserscanner 8 angeordnet ist.

Durch das Messen der Verzunderungsstärke des einlaufenden Bandes ist es möglich, die kinetische Energie der Elektronen und deren Intensität so einzustellen, daß ein optimales Aufbrechen bzw. Abplatzen der Zunderschicht beim Beschuß mit den Elektronenstrahlen erfolgt, ohne dabei die Oberfläche des Bandes selbst wesentlich mit aufzuheizen. Dies ist wichtig zur Vermeidung von Gefügeumwandlungen der Bandoberfläche — z.B. Martensitbildung bei Stahl — die die Weiterverarbeitungseigenschaften des Stahlbandes ungünstig beeinflussen können. 30 35 40

Die Überprüfung der erfolgten Entzunderung durch den Laserscanner 8 ermöglicht eventuell notwendige Korrekturen der Parametereinstellungen der Elektronenkanonen bzw. der elektrostatischen Absaugevorrichtung 6. 45

In Fig. 4 ist schematisch eine mögliche Ausführungsform der Einrichtung 6 zum Entfernen des Zunders dargestellt, der durch Beschuß mit Elektronenstrahlen über drei Elektronenstrahlkanonen 4a von der Oberseite und über drei Elektronenstrahlkanonen 4b von der Unterseite des Bandes 3 abgelöst wird. Oberhalb des Bandes 50 sind zwei schräg gestellte Elektroden 6a, z.B. in Form von Lochplatten oder Gittern vorgesehen, die zwischen sich und dem Band 3 ein elektrostatisches Feld erzeugen. 55

Unterhalb des Bandes 3 sind zwei Elektroden 6b — ebenfalls in Form von Lochplatten oder Gittern vorgesehen, die Bestandteil einer Transportvorrichtung 9 für den abfallenden Zunders sind. Die Transportvorrichtung 9 selbst ist trichterförmig gestaltet und ermöglicht das 60 Auffangen des vom Band 3 über die Elektroden 6a bzw. 6b abgesaugten Zunders.

Bei der Darstellung ist zu beachten, daß die mit 4a und 4b bezeichneten Elektronenstrahlkanonen und die mit 6a bzw. 6b bezeichneten Elektroden in Längsrichtung des Bandes hintereinander liegen. 65

Die Erfindung bietet insgesamt den Vorteil, daß durch das thermisch-mechanische Ablösen der Zunderschicht

von der Oberfläche des Metallbandes das Band in einem großen Ausmaß vorentzunderd werden kann.

Dadurch kann ein Nachbeizen mittels Säuren ganz entfallen, wenn die weitere Verarbeitung des so entzündeten Bandes dies zuläßt.

Ist ein Nachbeizen wegen der gewünschten Oberflächenqualität erforderlich, z.B. bei rost-, säure- und hitzebeständigen Chrom-Nickel-Stählen, so können die beim Beizen derartiger Stähle mit Säuren anfallenden Beizschlämme, deren Entsorgung hohe Aufwendungen erfordert, beträchtlich vermindert werden.

Hierzu 4 Blatt Zeichnungen

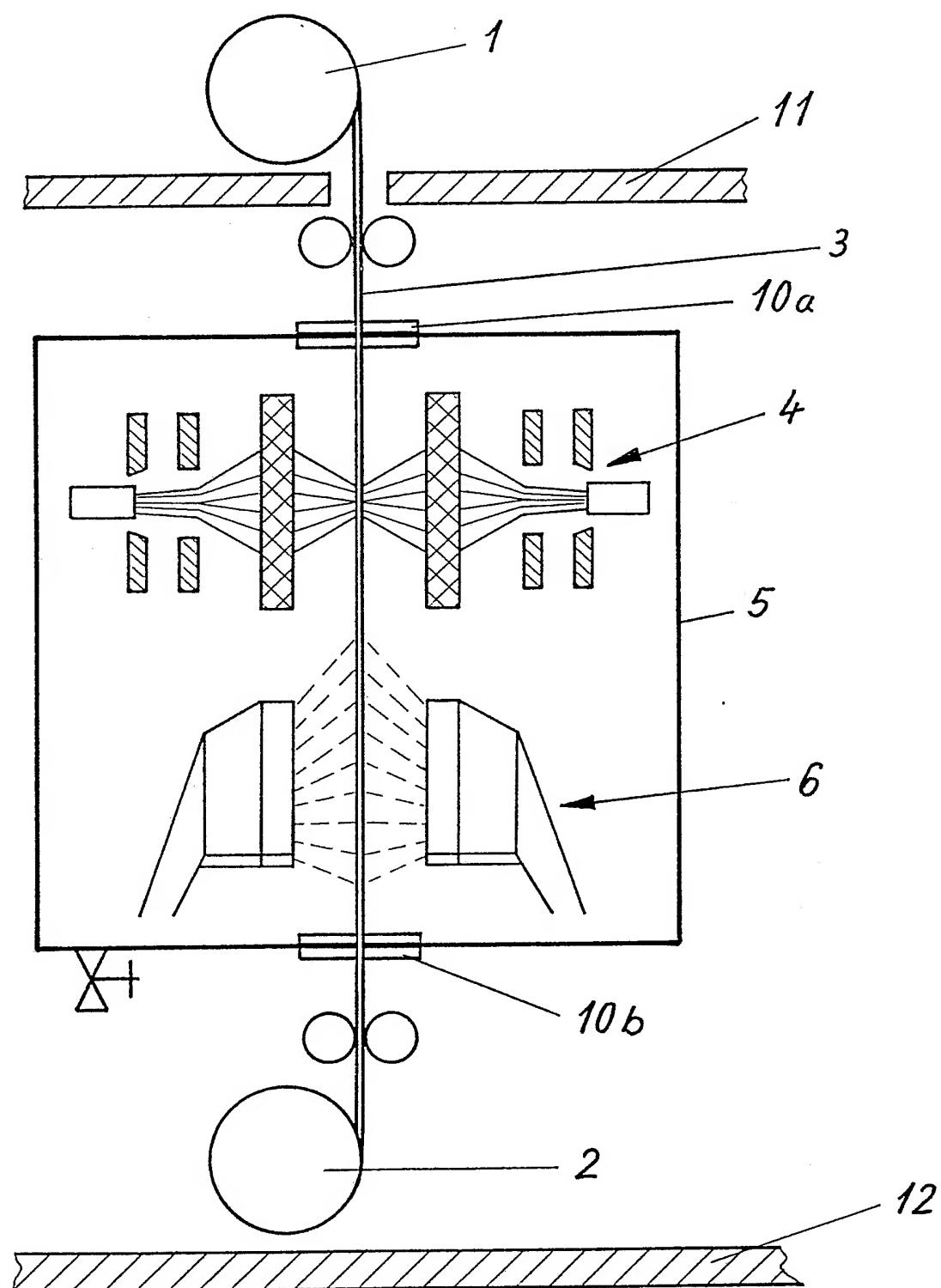


Fig. 2

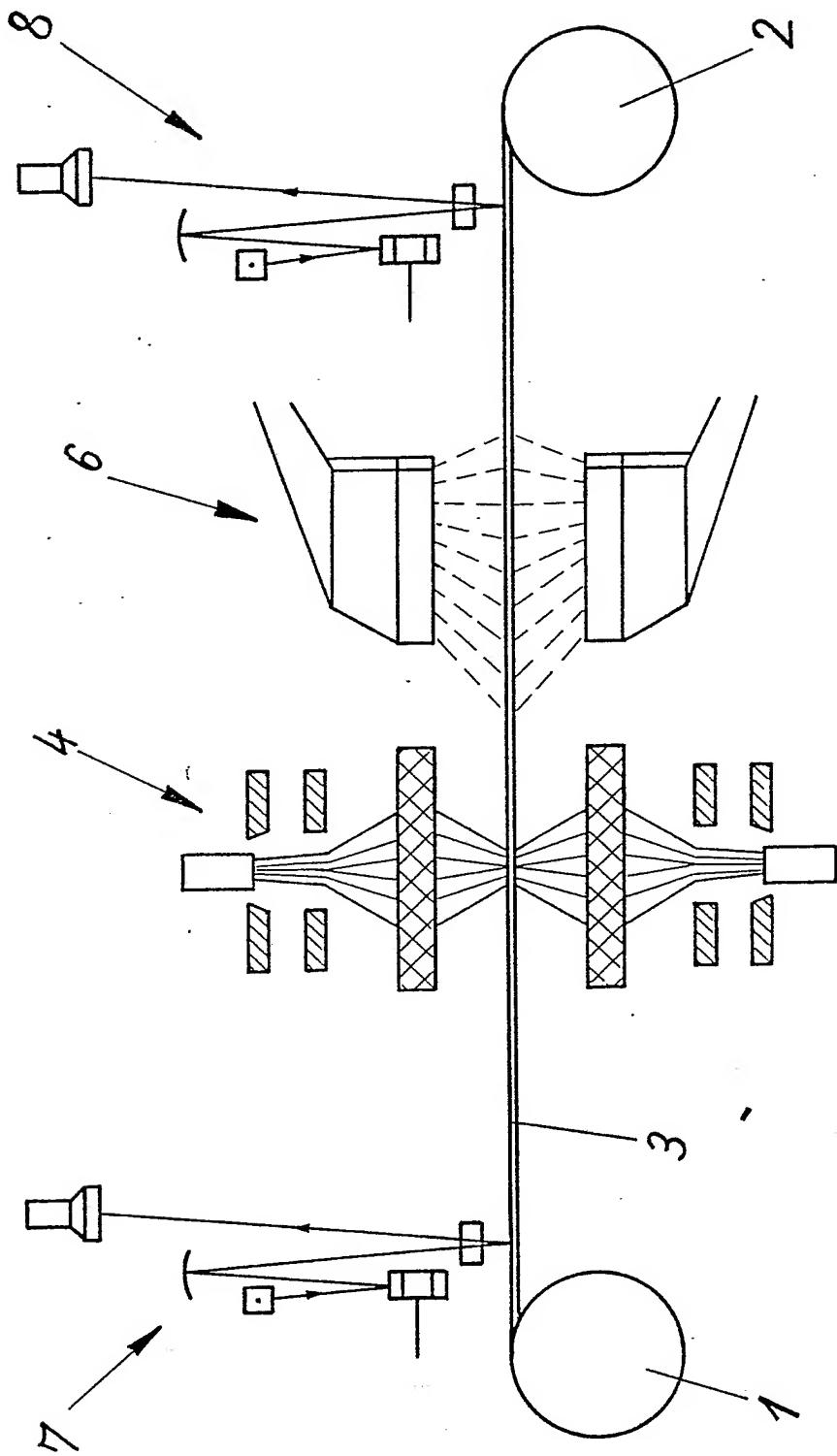


Fig. 3

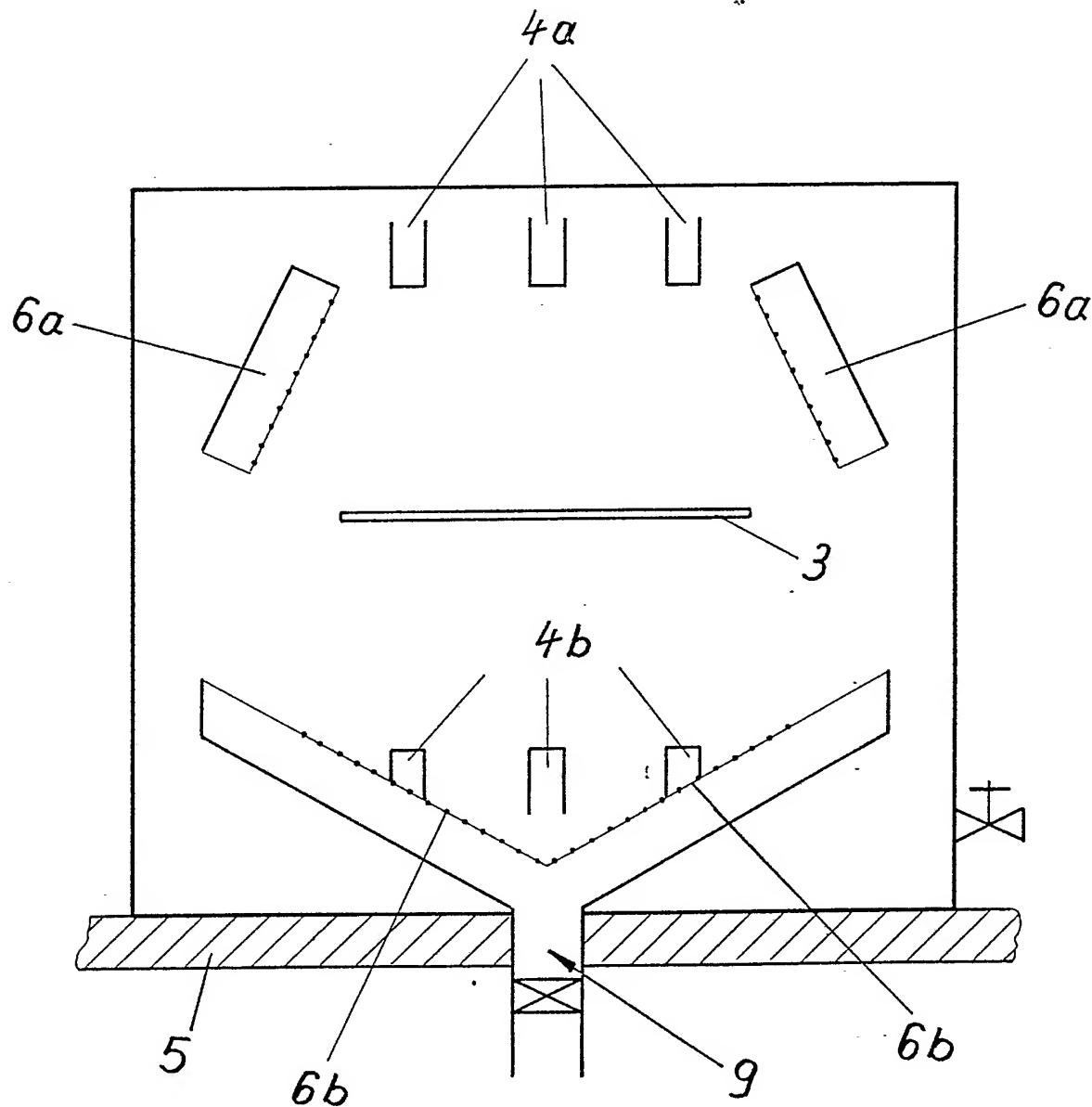


Fig. 4

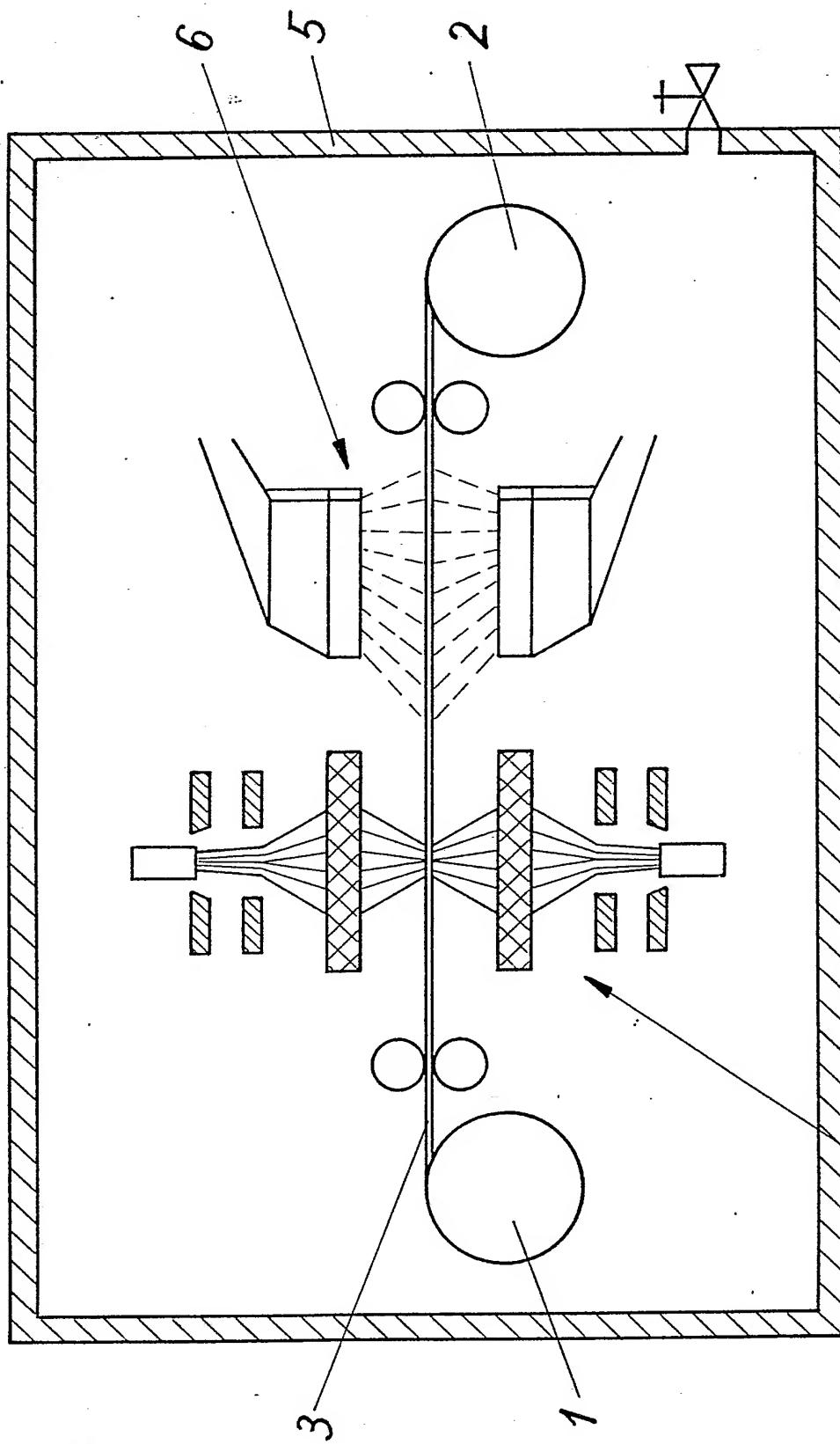


Fig. 1